

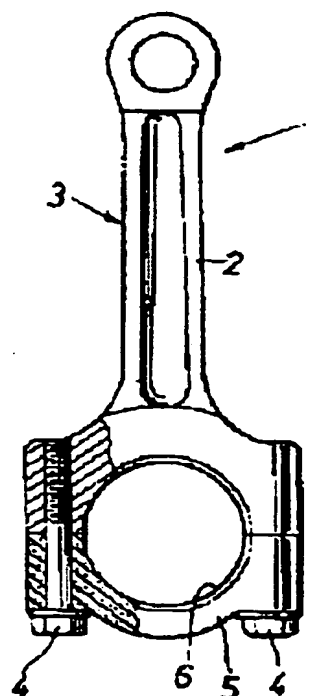
**CONNECTING ROD FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

**Patent number:** JP5070879  
**Publication date:** 1993-03-23  
**Inventor:** SHIINA HARUO; others: 02  
**Applicant:** HONDA MOTOR CO LTD  
**Classification:**  
- international: C22C21/02; C22C32/00  
- european:  
**Application number:** JP19920036748 19920224  
**Priority number(s):**

**Abstract of JP5070879**

**PURPOSE:** To provide a connecting rod for internal combustion engine having excellent mechanical characteristic.

**CONSTITUTION:** The connecting rod body 3 is constituted of a high strength aluminum alloy by using rapidly solidified aluminum alloy powder composed of, by weight 12.0%  $\leq \text{Si} \leq 28.0\%$ ,  $0.8\% \leq \text{Cu} \leq 5.0\%$ ,  $0.3\% \leq \text{Mg} \leq 3.5\%$ ,  $2.0\% \leq \text{Fe} \leq 10.0\%$ ,  $0.5\% \leq \text{Mn} \leq 2.9\%$  and the balance Al with inevitable impurities. A cap 5 fastened with bolts 4 to the connecting rod body 3 is constituted of a composite material dispersing at least one kind of hard particles selected among  $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles, SiC particles,  $\text{Si}_3\text{N}_4$  particles and metallic Si particles at  $\geq 1.5\text{wt.}\%$  and  $\leq 15.0\text{wt.}\%$  to the high strength aluminum alloy matrix using the rapid solidified aluminum alloy powder.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-70879

(43)公開日 平成5年(1993)3月23日

(51)Int.Cl.<sup>3</sup>

C 2 2 C 21/02  
32/00

識別記号

庁内整理番号

8928-4K  
7217-4K

F I

技術表示箇所

審査請求 有 発明の数1(全7頁)

(21)出願番号 特願平4-36748  
(62)分割の表示 特願昭61-184761の分割  
(22)出願日 昭和61年(1986)8月6日

(71)出願人 000005326  
本田技研工業株式会社  
東京都港区南青山二丁目1番1号  
(72)発明者 椎名 治男  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内  
(72)発明者 村瀬 良一  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内  
(72)発明者 星 雅己  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内  
(74)代理人 弁理士 落合 健 (外1名)

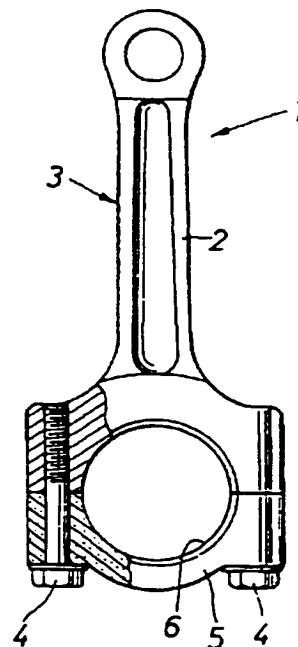
(54)【発明の名称】 内燃機関用コンロッド

(57)【要約】

【目的】 優れた機械的特性を有する内燃機関用コンロッドを提供する。

【構成】 コンロッド本体3は、  
12.0重量% $\leq$ Si $\leq$ 28.0重量%、  
0.8重量% $\leq$ Cu $\leq$ 5.0重量%、  
0.3重量% $\leq$ Mg $\leq$ 3.5重量%、  
2.0重量% $\leq$ Fe $\leq$ 10.0重量%、  
0.5重量% $\leq$ Mn $\leq$ 2.9重量%

および不可避不純物を含む残部Alよりなる急冷凝固アルミニウム合金粉末を用いた高強度アルミニウム合金より構成される。コンロッド本体3にボルト4により締結されるキャップ5は、前記急冷凝固アルミニウム合金粉末を用いた高強度アルミニウム合金マトリックスに、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粒子、SiC粒子、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>粒子および金属Si粒子から選択される少なくとも一種の硬質粒子を1.5重量%以上、15.0重量%以下分散させた複合材より構成される。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 桿部(2)を有するコンロッド本体(3)と、そのコンロッド本体(3)にボルト(4)により締結されるキャップ(5)とを備えた内燃機関用コンロッドにおいて、前記コンロッド本体(3)は、  
 12.0重量% $\leq$ Si $\leq$ 28.0重量%、  
 0.8重量% $\leq$ Cu $\leq$ 5.0重量%、  
 0.3重量% $\leq$ Mg $\leq$ 3.5重量%、  
 2.0重量% $\leq$ Fe $\leq$ 10.0重量%、  
 0.5重量% $\leq$ Mn $\leq$ 2.9重量%

および不可避不純物を含む残部Alよりなる急冷凝固アルミニウム合金粉末を用いた高強度アルミニウム合金より構成され、前記キャップ(5)は、前記急冷凝固アルミニウム合金粉末を用いた高強度アルミニウム合金マトリックスに、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粒子、SiC粒子、Si、N、粒子および金属Si粒子から選択される少なくとも一種の硬質粒子を1.5重量%以上、15.0重量%以下分散させた複合材より構成されていることを特徴とする内燃機関用コンロッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は内燃機関用コンロッド、特に、桿部を有するコンロッド本体と、そのコンロッド本体にボルトにより締結されるキャップとを備えた内燃機関用コンロッドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、この種コンロッドとして、粉末冶金法の適用により大量のSi、Fe、Mn等を添加した高強度アルミニウム合金より構成されたものが知られている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のコンロッド用高強度アルミニウム合金(以下、公知合金と称す)には次に述べるような諸問題点がある。

(a) 公知合金は微細金属組織を有するので、強度的には優れているが、クリープ特性が劣るため、高温下で常時圧縮応力を受けるキャップのボルト締結部では、長時間の使用に伴いクリープ縮みが増加し、その結果、ボルト締結力が減少したり、極端な場合にはボルト締結部の破壊に至るおそれがある。

(b) 公知合金は大量のSi、Fe、Mn等の添加により熱膨脹係数の低下およびヤング率の向上を狙っているが、工業材料としての生産性および靱性を考慮すると、熱膨脹係数は約 $18 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、ヤング率は約10000 kg/mm<sup>2</sup>が限界である。

【0004】アルミニウム合金よりコンロッドを構成し、それを鋼製クランクシャフトと組合せた場合、それらの間のクリアランス、圧入代等を決定するに当り、アルミニウム合金の熱膨脹係数が鋼のそれに接近していれば設計上の自由度が増すことになるが、公知合金ではこ

2

のような要求を満たすことができない。そのため、コンロッドのクランクピン孔とクランクシャフトのクランクピンとの間のクリアランスは温度の上昇に伴い大幅に増大する。

【0005】またヤング率は、荷重を受けた時のコンロッドの弾性域における変位、歪を左右する重要なファクタであり、コンロッドの小型化を図るためにはヤング率を十分に大きくする必要があるが、公知合金ではこのような要求を満たすことができない。

10 (c) 公知合金は、それに析出する初晶Si、共晶Si、金属間化合物等が非常に微細であるため、摺動摩擦量が比較的多く、その結果高面圧、高速摺動下では耐久性に乏しいといった問題があり、コンロッド構成材料として満足すべきものではない。

【0006】本発明は前記諸問題を解決し得る前記内燃機関用コンロッドを提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、桿部を有するコンロッド本体と、そのコンロッド本体にボルトにより締結されるキャップとを備えた内燃機関用コンロッドにおいて、前記コンロッド本体は、

12.0重量% $\leq$ Si $\leq$ 28.0重量%、  
 0.8重量% $\leq$ Cu $\leq$ 5.0重量%、  
 0.3重量% $\leq$ Mg $\leq$ 3.5重量%、  
 2.0重量% $\leq$ Fe $\leq$ 10.0重量%、  
 0.5重量% $\leq$ Mn $\leq$ 2.9重量%

30 および不可避不純物を含む残部Alよりなる急冷凝固アルミニウム合金粉末を用いた高強度アルミニウム合金より構成され、前記キャップは、前記急冷凝固アルミニウム合金粉末を用いた高強度アルミニウム合金マトリックスに、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粒子、SiC粒子、Si、N、粒子および金属Si粒子から選択される少なくとも一種の硬質粒子を1.5重量%以上、15.0重量%以下分散させた複合材より構成されていることを特徴とする。

## 【0008】

【作用】急冷凝固アルミニウム合金粉末の組成を前記のように特定すると、優れた高温強度、耐摩耗性およびヤング率を有し、また熱膨脹係数の低下を図ると共に耐応力腐食割れ特性を改善された高強度アルミニウム合金、したがってコンロッド本体およびキャップのマトリックスを構成することができる。

【0009】また急冷凝固アルミニウム合金は一般に難加工性であるが、前記のように各化学成分の含有量を特定することによって、熱間押出し加工性、熱間鍛造加工性等の熱間塑性加工性を向上させてコンロッド本体およびキャップの生産性を良好にすることができる。

【0010】各化学成分および硬質粒子の含有理由および含有量の限定理由は以下の通りである。

(a) Siについて

50 Siは、急冷凝固アルミニウム合金粉末より形成される

コンロッド本体およびキャップのマトリックスにおける耐摩耗性、ヤング率および熱伝導率を向上し、また熱膨脹係数を低下する効果を有する。ただし、12.0重量%を下回ると前記効果を得ることができず、一方、28.0重量%を上回ると、熱間押し出し加工および熱間鍛造加工において成形性が悪化し、コンロッド本体等に割れを生じ易くなる。

(b) Cuについて

Cuは、熱処理においてコンロッド本体等を強化する効果を有する。ただし、0.8重量%を下回ると前記効果を得ることができず、一方、5.0重量%を上回ると、熱間鍛造加工性が低下し、またコンロッド本体等の耐応力腐食割れ特性が悪化する。

(c) Mgについて

Mgは、Cuと同様に熱処理においてコンロッド本体等を強化する効果を有する。ただし、0.3重量%を下回ると前記効果を得ることができず、一方、3.5重量%を上回ると、熱間鍛造加工性が低下し、またコンロッド本体等の耐応力腐食割れ特性が悪化する。

(d) Feについて

Feは、コンロッド本体等の高温強度およびヤング率を向上させる効果を有する。ただし、2.0重量%を下回ると、コンロッド本体等における高温強度の向上を期待することができず、一方、10.0重量%を上回ると高速熱間鍛造加工が事実上不可能となる。

(e) Mnについて

Mnは、特にFe ≥ 4重量%の範囲において、熱間鍛造加工性を向上させ、またコンロッド本体等の高温強度および耐応力腐食割れ特性を改善する効果を有する。ただし、0.5重量%を下回ると、前記効果を得ることができず、一方、2.9重量%を上回ると、却って熱間鍛造加工性が悪化する等、悪影響が現れる。

(f) 硬質粒子について

前記のように特定された4種の硬質粒子は、キャップのマトリックスに分散することによりその結晶の転位を固着して高温下におけるキャップのクリープ特性を改善し、また熱膨脹係数を低下し、さらにヤング率および耐摩耗性を向上する効果を有する。ただし、急冷凝固アルミニウム合金粉末に対する硬質粒子の含有量が1.5重量%を下回ると、キャップの耐摩耗性が改善されず、またヤング率の向上および熱膨脹係数の減少の程度も低くなり、一方、15.0重量%を上回ると、熱間鍛造加工性が低下し、またキャップの疲労強度および機械加工性がそれぞれ著しく低下する。

【0011】

【実施例】図1は、内燃機関用コンロッド1を示し、そのコンロッド1は桿部2を有するコンロッド本体3と、そのコンロッド本体3にボルト4により締結されるキャップ5とを備えている。

【0012】前記急冷凝固アルミニウム合金粉末にお

る各化学成分の含有量は、コンロッド本体3およびキャップ5のマトリックスにおいて、特に耐応力腐食割れ特性および熱間鍛造加工性を良好にするためには下記に限定される。

【0013】

14.0重量% ≤ Si ≤ 18.0重量%

2.0重量% ≤ Cu ≤ 5.0重量%

0.3重量% ≤ Mg ≤ 1.5重量%

3.0重量% ≤ Fe ≤ 6.0重量%

0.5重量% ≤ Mn ≤ 2.5重量%

前記複合材より、熱的影響を受けるキャップ5を構成する場合、このキャップ5についてはヤング率、熱膨脹係数、クリープ特性および機械加工性が問題となるので、前記硬質粒子の含有量は9.0重量%以上、13.0重量%以下が好ましい。その理由は、9.0重量%を下回ると、クリープ特性改善効果が減少傾向となり、一方、13.0重量%を上回ると機械加工性が低下する傾向にあるからである。

【0014】また鋼製クランクシャフトとの摺動摩耗が問題となる場合には、その鋼の種類にもよるが、硬質粒子の含有量は2.0重量%以上、4.0重量%以下が好ましい。その理由は、2.0重量%を下回るとキャップ5の摩耗量が増える傾向にあり、一方、4.0重量%を上回るとクランクシャフトの摩耗量が増える傾向にあるからである。

【0015】キャップ5を製造する場合は、例えば急冷凝固アルミニウム合金粉末と硬質粒子とを混合して混合粉末を得、次いでその混合粉末に冷間静水圧プレス成形法(CIP法)等を適用して圧粉体を得、その後圧粉体に熱間押し出し加工を施すものである。

【0016】この場合、急冷凝固アルミニウム合金粉末の粒度は、325メッシュ以下のものを、45重量%以上、70重量%以下とする。その理由は、前記粒度の粉末が45重量%を下回ると疲労強度が低下し、一方、70重量%を上回るとクリープ特性が悪化するからである。

【0017】また硬質粒子の粒径は、疲労強度を損なわずに耐摩耗性を向上し、またクリープ特性を改善するためには、5μm以上、74μm以下が好ましい。その理由は5μmを下回ると、取扱い性が悪くなり、一方、74μmを上回ると、疲労強度が低下する傾向にあるからである。

【0018】コンロッド本体3を、硬質粒子を含まない前記高強度アルミニウム合金より構成する理由は、コンロッド本体3は疲労強度が優先して要求されるため硬質粒子を含まない方が有利であるからである。これに対し、キャップ5はコンロッド本体3に比べて疲労強度の要求は少ないが、ボルト締結部の面圧が高く、クリープ縮みを減少させる必要があるので硬質粒子を含む複合材より構成する。

【0019】次に、キャップ5を構成する複合材の製造方法およびその複合材についての各種試験結果について説明する。

【0020】急冷凝固アルミニウム合金粉末として、Si 17.2重量%、Cu 2.5重量%、Mg 0.6重量%、Fe 4.3重量%、Mn 1.8重量%および不可避不純物を含む残部Alよりなる粉末を、アトマイズ法を適用して、冷却速度 $10^1 \sim 10^4$  °C/secの条件の下に製造する。

【0021】急冷凝固アルミニウム合金粉末に、表1に示す含有量にて各種硬質粒子を配合し、以下に述べる各工程を経て複合材(1)～(12)を製造する。

【0022】即ち、急冷凝固アルミニウム合金粉末と各硬質粒子とをV型ブレンダにて混合した後、各混合粉末に冷間静水圧プレス成形法(CIP法)、または金型圧縮成形法を適用して密度比75%の圧粉体を得る。 \*

\*【0023】冷間静水圧プレス成形法においては、ゴム製チューブ内に混合粉末を入れ、1.5～3.0 ton/cm<sup>2</sup>程度の静水圧下で成形を行い、金型圧縮成形法においては、金型内に混合粉末を入れて、常温大気中で1.5～3.0 ton/cm<sup>2</sup>程度の圧力下で成形を行う。各圧粉体を、炉内温度400°Cの均熱炉内に設置して4時間保持し、次いで各圧粉体に熱間押し加工を施して直径18mm、長さ450mmの丸棒状に成形された複合材(1)～(12)を得る。

【0024】この場合の押し出し方法は、直接押し出し(前方押し出し)、間接押し出し(後方押し出し)のいずれでもよいが、押し出し比は5以上を必要とする。押し出し比が5以下では、強度のばらつきが大きくなるので好ましくない。

【0025】

【表1】

複合材	硬質粒子(重量%)			
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiC	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	金属Si
(1)	2.0	—	—	—
(2)	5.0	—	—	—
(3)	10.0	—	—	—
(4)	—	2.0	—	—
(5)	—	5.0	—	—
(6)	—	10.0	—	—
(7)	—	—	2.0	—
(8)	—	—	5.0	—
(9)	—	—	10.0	—
(10)	—	—	—	2.0
(11)	—	—	—	5.0
(12)	—	—	—	10.0

比較のため、前記と同様の手法により表2に示す比較材(1)～(3)を製造する。

【0026】

【表2】

比較材	アルミニウム合金の化学成分 (重量%)					硬質粒子 (重量%)
	Si	Cu	Mg	Fe	Mn	SiC
(1)	17.2	2.5	0.6	4.3	1.8	—
(2)	9.2	3.2	1.0	<1.0	<0.5	—
(3)	20.0	3.5	1.5	5.0	—	5.0

なお、比較材(1)は、複合材(1)～(12)におけるマトリックスと同一組成であり、また比較材(2)は鋳造材であるJIS AC8Cに相当し、さらに比較材(3)は複合材である。

【0027】表3は、複合材(1)～(12)および比\*

\*比較材(1)、(2)の熱膨脹係数( $\times 10^{-6}$ 、20～200℃)およびヤング率(200℃、kg/mm<sup>2</sup>)を示す。

【0028】

【表3】

		熱膨脹係数	ヤング率
複合材	(1)	18.1	8950
	(2)	17.5	9200
	(3)	16.3	9600
	(4)	17.8	8800
	(5)	17.1	9200
	(6)	15.9	9900
	(7)	17.9	8750
	(8)	17.2	9100
	(9)	16.1	9700
	(10)	18.2	8700
	(11)	17.1	9000
	(12)	16.6	9500
比較材	(1)	18.6	8600
	(2)	21.2	6800

表3から明らかなように、複合材(1)～(12)は比較材(1)、(2)に比べて、熱膨脹係数が低下し、またヤング率が向上しており、これはマトリックスにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の硬質粒子が分散していることに起因する。

【0029】表4は、複合材(1)～(12)および比較材(3)に対して応力腐食割れ試験(JIS H8711)を行った場合の結果を示す。

【0030】応力腐食割れ試験は、縦80mm、横10mm、厚さ2mmのテストピースを、それに対する負荷応力を $\sigma_{0.2} \times 0.9$ (ただし、 $\sigma_{0.2}$ は、各複合材(1)～(12)および比較材(3)の0.2%耐力)とし

て、液温30℃、濃度3.5%のNaCl水溶液中に28日間浸漬することにより行われ、耐応力腐食割れ特性の優劣はテストピースにおけるクラックの発生の有無により判断する。

【0031】

【表4】

		クラックの発生の有無
複合材	(1) (2)	無 無
比較材	(3)	有

表4から明らかなように、複合材(1)～(12)は比較材(3)に比べて耐応力腐食割れ特性が優れており、これは主としてMnの含有に起因する。

【0032】表5は、複合材(2)、(5)、(8)および比較材(1)に対して摺動摩耗試験を行った場合の結果を示す。

【0033】摺動摩耗試験は、縦10mm、横10mm、厚さ5mmのテストピースを、速度2.5m/secで回転する直径135mmのJIS S50C製円盤に圧力200kg/cm<sup>2</sup>を以て押圧し、また潤滑油を5cc/minの条件で滴下し、摺動距離18kmに亘って行われたもので、摩耗量はテストピースにおける試験前後の重量差(g)を求めることにより測定される。

【0034】

【表5】

		摩耗量(g)
複合材	(2)	0.0001
	(5)	0.0003
	(8)	0.0001
比較材	(1)	1.0

表5から明らかなように、複合材(2)、(5)、(8)は比較材(1)に比べて、優れた耐摩耗性を有しており、これはマトリックスにAl、O、SiC、Si、N、といった硬質粒子が分散していることに起因する。

\*40 【表7】

	クランクピン孔の直径変化量(μm)	
	室温	180℃
実施例コンロッド	0	+97
比較例コンロッド	0	+110

表7から明らかなように、複合材(3)より構成される50 キャップ5を備えた実施例コンロッド1は、比較材

\*【0035】表6は、複合材(2)、(5)、(8)および比較材(1)に対してクリープ試験を行った場合の結果を示す。

【0036】クリープ試験は、直径10mm、平行部の長さ40mmのテストピースに、170℃にて12kg/mm<sup>2</sup>の圧縮力を100時間に亘って付与することにより行われ、クリープ縮み量はテストピースの試験前後の長さの比(%)を求めることによって測定される。

【0037】

【表6】

		クリープ縮み量(%)
複合材	(2)	0.06
	(5)	0.05
	(8)	0.06
比較材	(1)	0.12

表6から明らかなように、複合材(2)、(5)、(8)は、比較材(1)に比べてクリープ縮み量が減少しており、これはマトリックスにAl、O、SiC、Si、N、といった硬質粒子が分散していることによりマトリックスの結晶の転位が固着されることに起因する。

【0038】なお、鋳造材である比較材(2)のクリープ縮み量は0.04%であり、複合材(2)、(5)、(8)のそれは鋳造材に略匹敵する。

30 【0039】表7は、コンロッド1における直径45mmのクランクピン孔6の寸法変化と温度との関係を示す。

【0040】実施例コンロッド1は、そのコンロッド本体3を前記マトリックス材、したがって比較材(1)より構成され、またキャップ5を複合材(3)より構成されている。比較例コンロッド1は、そのコンロッド本体3およびキャップ5を比較材(1)より構成されている。両コンロッド1において、キャップ5はコンロッド本体3にボルト4により締結される。

【0041】

(1)より構成された比較例コンロッド1に比べて温度上昇に伴うクランクピン孔6の直径変化量が少なく、これにより機関運転時におけるクランクピンとクランクピン孔6間のクリアランス変化を抑制することができる。これはマトリックスに10重量%のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粒子を分散させたことによりキャップ5の熱膨脹係数の低下が図られていることに起因する。

【0042】

【発明の効果】本発明によれば、前記のように特定された構成材料を用いることによって、優れた高温強度、耐摩耗性およびヤング率を有し、また熱膨脹係数の低下を図ると共に耐応力腐食割れ特性を改善された生産性の良\*

\*いコンロッド本体およびキャップを備え、特にキャップの高温下におけるクリープ特性を改善した内燃機関用コンロッドを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】内燃機関用コンロッドの要部破断正面図である。

【符号の説明】

- |   |          |
|---|----------|
| 1 | コンロッド、   |
| 2 | 桿部、      |
| 3 | コンロッド本体、 |
| 4 | ボルト、     |
| 5 | キャップ     |

【図1】

